

АВТОБЛОКИРОВКА ДИСЛОКАЦИЙ В РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ (Ni_3Ge , Mg)

Власова А.М., Антонова О.В., Плотников А.В.

Руководитель – доктор физ.-мат. наук, проф. Гринберг Б.А.

Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург,

alisa@imp.uran.ru

Эффект автоблокировки, предсказанный теоретически, был обнаружен в интерметаллидах $\text{Ni}_3(\text{Al}, \text{Nb})$ и TiAl , проявляющих аномальный температурный ход предела текучести $\sigma_y(T)$ при динамическом нагружении. Доказательством автоблокировки является вытягивание вдоль выделенного направления и наблюдение прямолинейных дислокаций после нагрева без нагрузки.

Для монокристаллов Ni_3Ge температурная зависимость предела текучести $\sigma_y(T)$ имеет аномальный ход, и можно ожидать автоблокировки дислокаций в результате экспериментов, состоящих из двух ступеней: пластическая деформация с заданной скоростью и последующий нагрев без нагрузки [1].

Ось сжатия монокристаллов Ni_3Ge находилась вблизи направления $[\bar{1}11]$ с отклонениями в пределах 5° . Температура пика предела текучести для ориентировки $\langle 111 \rangle$ близка к комнатной. Температура предварительной деформации была выбрана значительно выше температуры пика $\sigma_y(T)$ и составляла 400°C . Типичная дислокационная структура монокристаллов Ni_3Ge после такой деформации состоит из криволинейных дислокаций в плоскостях куба.

При последующем нагреве без нагрузки происходит радикальное изменение дислокационной структуры: наблюдаются длинные заблокированные прямолинейные сегменты.

Точное определение параметров прямолинейных дислокаций было проведено на примере дислокаций 1 и 2, представленных на рис. 3. На рис. 1а представлено светлопольное изображение дислокаций 1 и 2. На рис. 1б и 1в приведены темнопольные изображения дислокаций 1 и 2, погасание дислокаций в рефлексах $g = [111]$ (рис. 1б) и $g = [\bar{1}\bar{1}\bar{1}]$ и подтверждение контраста $gb = 2$ в рефлексе $g = [113]$ (рис. 1в) позволило однозначно определить их вектор Бюргерса $b = [\bar{1}01]$. По проекциям дислокационных линий в трех сечениях обратной решетки вычислены направления осей дислокации: $U_{1,2} = [\bar{1}01]$. Таким образом, для исходных кубических систем скольжения заблокированными при последующем нагреве являются винтовые дислокации.

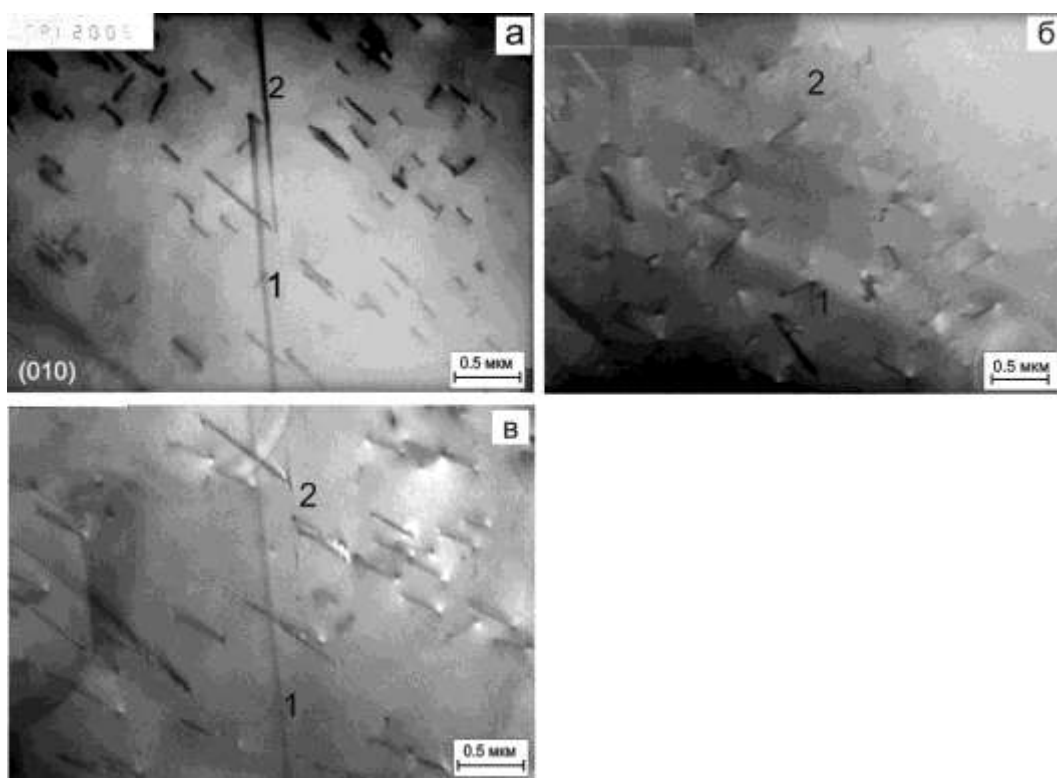


Рис. 1. Дислокационная структура Ni_3Ge после деформации при $T=400^\circ\text{C}$ и отжига при 100°C , 10 мин: а – светлопольное изображение, плоскость фольги (010); б – темнопольное изображение $g = [111]$, о.з. $[\bar{1}2\bar{1}]$, в – темнопольное изображение $g = [113]$, о.з. $[\bar{1}4\bar{1}]$

После предварительной деформации $\langle 111 \rangle$ монокристалла Ni_3Ge при 400°C и быстрого охлаждения (в воду) наблюдается характерная для высокотемпературной деформации дислокационная структура, которая зафиксирована именно благодаря быстрому охлаждению. Однако после деформации при 400°C с последующим медленным охлаждением (вместе с печью, ~ 1 час) наблюдаются прямолинейные дислокационные сегменты. В результате медленного охлаждения практически исчезли криволинейные дислокации. Это обусловлено более высокими температурами, при которых находился образец, и большей длительностью его пребывания при таких температурах [2].

Необходимо было расширить поле исследований автоблокировки и перейти от интерметаллидов к чистым металлам. В качестве металла, в котором можно ожидать наблюдения автоблокировки, был выбран магний из-за того, что в нем ранее наблюдалась аномалия $\sigma_y(T)$ [3].

В качестве объекта исследования использовались монокристаллы Mg с ориентировкой вдоль c -оси. Деформацию монокристаллов осуществляли осадкой на величину 1.5-2.0 % со скоростью порядка 0.3 мм/мин при температуре $T=150^\circ\text{C}$. Затем, когда нагрузка была снята, проводилось медленное охлаждение с печью в течение примерно 1 ч. Такая обработка ("медленный спуск") эквивалентна нагреву без нагрузки.

В результате медленного охлаждения предварительно деформированного монокристалла происходит радикальное изменение дислокационной структуры: дислокации вытягиваются вдоль выделенных направлений типа $\langle 1\bar{1}00 \rangle$, которые являются линиями пересечения плоскости пирамиды второго рода с плоскостью базиса. Углы между этими направлениями равны 60° , и в плоскости базиса существует три таких направления.

Для прямолинейных дислокаций, изображения которых представлено на рис. 4, был проведен **gb**-анализ. Установлено, что длинные прямолинейные дислокации являются краевыми с вектором Бюргерса (**c+a**), лежащими в плоскости пирамиды II. На рис. 2, *a* приведено светлопольное изображение дислокационной структуры. Дислокация А погасла в рефлексах $\mathbf{g}=(\bar{1}101)$ (рис. 2, *б*) и $\mathbf{g}=(\bar{1}010)$ (рис. 2, *в*). Данный результат возможен только для дислокации с вектором Бюргерса $\mathbf{b}=\frac{1}{3}[\bar{1}213]$

Следовой анализ изображения в нескольких отражающих плоскостях показывает, что направление оси дислокации $\mathbf{u}=\langle 0\bar{1}10 \rangle$

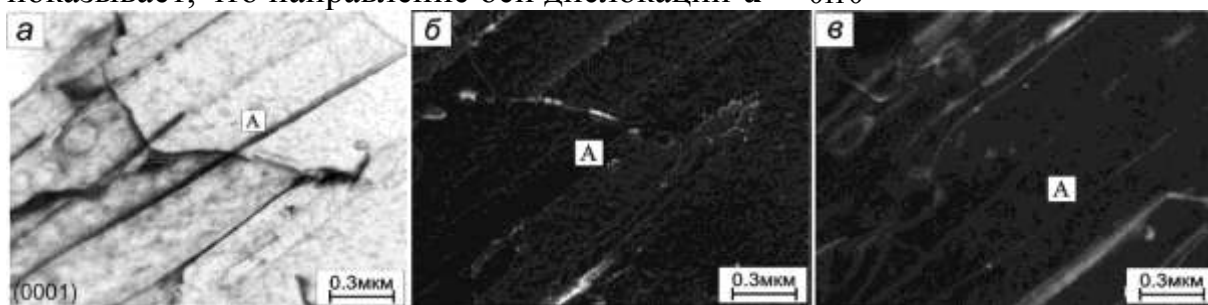


Рис. 2 Прямолинейные краевые дислокации (**c+a**): *a*-светлопольное изображение; *б, в* – темнопольное изображение в рефлексах $\mathbf{g}=(\bar{1}101)$ и $\mathbf{g}=(\bar{1}010)$ соответственно

Можно полагать, что автоблокировка (**c+a**) дислокаций при пирамидальном скольжении будет наблюдаться не только в магнии, но и в каком-либо другом ГПУ металле, в котором при любых ориентировках (исключая с ориентировку) доминирует базисное скольжение.

1. Гринберг Б.А., Иванов М.А., Антонова О.В., Кругликов Н.А., Плотников А.В., Власова А.М., Соловьева Ю.В. Автоблокировка дислокаций в интерметаллиде Ni_3Ge : кубическое скольжение. Физика металлов и металловедение, 2011, том 111, № 4, с. 402–412
2. Гринберг Б.А., Иванов М.А., Антонова О.В., Кругликов Н.А., Плотников А.В., Власова А.М., Соловьева Ю.В. Автоблокировка дислокаций в интерметаллиде Ni_3Ge : реконструкция двухдолинного потенциального рельефа. Физика металлов и металловедение, 2011, том 112, № 2, с. 1-9
3. Б.А. Гринберг, М.А. Иванов, О.В. Антонова, А.М. Власова, Н.А. Кругликов, А.В. Плотников Обнаружение автоблокировки (**c+a**)-дислокаций в магнии. Известия ВУЗов. Физика (в печати)